Instalaciones de Frío Industrial

Módulo 1. Unidad Didáctica 1

Fundamentos de frío industrial

Autor/es: Francisco Villena Manzanares

Versión: 1
Fecha de creación: Octubre 2012
Última revisión: Octubre 2012


2teach!



Tabla de contenidos



1. Introducción

En esta Unidad Didáctica se van a presentar las medidas y conceptos fundamentales del frío industrial, así como los sistemas y equipos mas usuales que intervienen en las instalaciones.

Este manual pretende ser lo más ameno y práctico posible y orientado al mercado, de manera que no se profundizará en usar las ecuaciones complejas clásicas de la ingeniería térmica.



2. Objetivos

1. Conocer los conceptos a utilizar en frio industrial.
2. Saber clasificar los sistemas de generación de frio.
3. Conocer los equipos utilizados en un circuito básico de frío industrial.
4. Conocer los materiales aislantes mas utilizados.
5. Comprender las pérdidas que se originan en una instalación.
6. Comprender el funcionamiento de un circuito básico de frio industrial.
7. Seleccionar compresores utilizando los catálogos comerciales.
8. Seleccionar evaporadores utilizando los catálogos comerciales.
9. Seleccionar condensadores utilizando los catálogos comerciales.



3. Medidas y conceptos en frío industrial

3.1. Presión

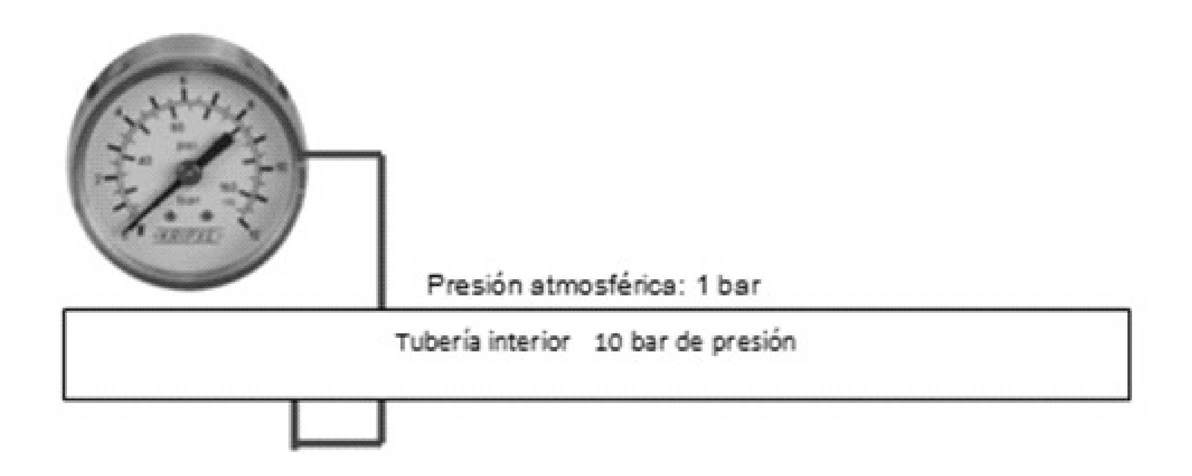
Se define como la fuerza ejercida por unidad de superficie, en el sistema internacional la unidad de la presión se mide en N/m2, cuando la fuerza que se aplica es de 1 Newton en una superficie de 1 m2 se le denomina Pascal.

Esta unidad en refrigeración es muy pequeña por lo que se utiliza el Bar, que es equivalente a 10.000 pascales, para que tengamos una idea a que corresponde 1 bar, aproximadamente es la presión de 1 kgen una superficie de 1 cm2.

Los manómetros son los equipos de medida, estos miden la presión relativa, cuando usemos tablas o diagramas siempre se introduce la presión absoluta, mientras no nos den indicaciones.

a. Presión relativa.

El manómetro como hemos dicho antes, es el equipo que nos mide la presión relativa.



En el gráfico, observamos una tubería donde interiormente tenemos 10 bares de presión absoluta, por otro lado tenemos un manómetro, que en refrigeración normalmente dispone de varas escalas. El manómetro dispone de una toma interior abierta por lo que está influenciado por la presión atmosférica, lo que mide es la diferencia entre la presión que tiene la tubería por un lado menos la presión atmosférica.

b. **Presión absoluta.**



Es el valor de la presión manométrica más la presión atmosférica.

El juego de las diferencias de presión:

- El circuito frigorífico básico, que ya lo estudiaremos más adelante, se fundamenta en la aplicación alternativa de presión elevada y baja, haciendo circular un fluido (refrigerante) en los momentos de presión por una tubería. Cuando el fluido pasa de presión elevada a baja en el evaporador, el fluido se enfría y retira el calor de dentro del refrigerador.
- Como el fluido se encuentra en un ciclo cerrado, al ser comprimido por un compresor para elevar su temperatura en el condensador, que también cambia de estado a líquido a alta presión, nuevamente está listo para volverse a expandir y a retirar calor, (recordemos que el frío no existe es solo una ausencia de calor).

3.2. Temperatura

La Temperatura: suele confundirse con el calor, esto es una confusión, porque la temperatura es una propiedad que nos define los intercambios de calor entre los cuerpos. Su unidad mas frecuente es el grado centígrado (ºC).

Calor: es una manera de energía como la eólica o eléctrica.

La unidad de energía en el sistema internacional es el Julio, esta unidad es muy pequeña por lo que en termodinámica de refrigeración se usa la Kilocaloría (Kcal) o el vatio.

En energía térmica, la caloría equivale a la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua.

3.3. Calor sensible y Calor latente.

En refrigeración se deben de relacionar la temperatura y el calor, por ello se utilizan los siguientes conceptos:

Calor sensible: se produce cuando el gas o el fluido no cambia de estado.

$Q = Ce\ M\ (T2 - T1)$
Q= cantidad de calor en Kcal.
Ce= calor especifico Kcal /ºC Kg. (intrínseco de cada material)
T2= temperatura final.

T1= temperatura inicial.

El calor específico es una propiedad intensiva de la materia, por lo que es representativo de cada materia. El calor específico es una función de la temperatura del sistema:

M= masa en kg (en refrigeración kg o litros de fluido)

El calor latente es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización).Se debe tener en cuenta que esta energía en forma de calor se invierte para el cambio de fase y no para un aumento de la temperatura; por tanto al cambiar de gaseoso a líquido y de líquido a sólido se libera la misma cantidad de energía.
Calor latente: es el calor que se produce cuando un fluido o un gas cambia de estado.

Q=Clat M
Q= cantidad de calor en Kcal.
Clat= calor latente. Kcal/ kg
M= masa en Kg

3.4. Potencia

La potencia es la relación entre el trabajo y el tiempo que dicho trabajo nos ha costado realizar, para explicar mejor este concepto pensemos en lo siguiente:

No es lo mismo subir un kilo de agua desde la altura de cero metros a 20 metros en 1 hora, que subir la misma cantidad de agua a 20 metros en 1 minuto. El trabajo es el mismo en ambas situaciones, pero el tiempo que interviene en realizar el mismo trabajo es el concepto de potencia.

P= E/t
E= Energía.
t= Tiempo.

Las unidades más usadas en refrigeración son:

Kcal/h= kilocaloría por hora (cantidad de energía en Kcal que se desarrolla en una hora)
1 W: corresponde a 0.859 Kcal/h = 0,00136 C.V (caballos de vapor).



3.5. Transmisión de calor

La transmisión de calor se produce siempre del cuerpo que más energía tiene al de menos energía. Esta transmisión de calor puede darse por dos maneras:

a. Por conducción.
Es la transmisión de calor por contacto de un cuerpo caliente o frio.

Para comprender el concepto, explicamos a continuación un ejemplo de transferencia de calor por conducción.
Si colocamos una pieza fría junto a otra caliente la transmisión de calor va de la caliente a la fría, es decir, la pieza caliente cede calor a la fría, y a su vez enfriándose.

b. Por convención.
La convección es una transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. La convección se produce únicamente por medio de materiales fluidos. Éstos, al calentarse, aumentan de volumen y, por lo tanto, disminuyen su densidad y ascienden desplazando el fluido que se encuentra en la parte superior y que está a menor temperatura.

Lo que se llama convección en sí, es el transporte de calor por medio de las corrientes ascendente y descendente del fluido.

Un ejemplo seria la calefacción doméstica por radiadores.

FORMULAS UTILIZADAS EN LA TRANSMISIÓN DE CALOR:

CONDUCCIÓN: válidas para calculo de superficies de evaporadores y condensadores.
$Q = K\ S\ (T2 - T1)$

Donde:

Q= cantidad de calor en Kcal.
K= es un coeficiente de transmisión térmica propio del cuerpo.
S= superficie de contacto de transferencia por la cual va circular el aire.
T2= temperatura de salida.
T1= temperatura inicial.



3.6. Pérdidas por aislamiento

En este apartado queremos mostrar de una manera fácil en qué consisten las perdidas por aislamiento.

Las perdidas por aislamiento son datos que suelen dar los fabricantes.
Generalmente no se utiliza ni se calcula ya que los materiales ya vienen dados con sus coeficientes y sus espesores.

En una cámara frigorífica existen perdidas de energía calorífica por las paredes cristales, techos etc.

Estas pérdidas se pueden cuantificar conociendo los materiales de nuestro sistema, ya que cada material posee una conductividad térmica, que es la cantidad de energía calorífica que deja pasar un material a través de sí mismo.

K= W/ m Cº
K = es el coeficiente de conductividad térmica.
W = potencia térmica.
m = espesor del aislante.
ºC = diferencias de temperaturas entre ambas caras del material.

Un material que posee un coeficiente K elevado será peor aislante.
Si aumentamos el espesor, K disminuye por lo que mejoramos el aislamiento,
De manera práctica calculamos las perdidas en paredes techos y suelos, como sigue:

Pared
Q pared= U S (Text-Tint)
Techo
Q techo= U S (Text-Tint)
Suelo
Q suelo= U S (Text-Tint)

U es la unidad de transmisión o pérdidas del material que se calcula en función de espesores y valores de K, viene dada por el producto en sí. En algunos textos a las perdidas del material la denominan por la letra λ.

U= 1 / (e1/k1+ e2/k2…) siendo “e” el espesor del aislante y K su coeficiente de conductividad.
S= superficie
T =exterior se considera



T= interior de la cámara.

Si tenemos una temperatura exterior de 35º y una temperatura interior de cámara de 0ºC, para los cálculos consideramos T ext como sigue:

En paredes 35º la exterior de cálculo.

En suelo se considera el exterior menos interior restando 15ºC, en nuestro ejemplo seria (35 -0) -15= 20ºC

En techo se considera el exterior menos interior sumando 10ºC, en nuestro caso sería (35 -0) + 10= 45ºC.

Algunos ejemplos de datos prácticos de coeficientes de transmisión son :

1. Fibra de vidrio en paredes 0,033 W/mºC
2. Corcho expandido proyectado en suelos 0,039 W/mºC

Supongamos que tenemos una cámara de congelado vamos a realizar un ejemplo de cálculo para las perdidas por aislamiento en paredes techos y suelos.

Datos:

- Medidas de la cámara 10 x 8 x 6.
- Temperatura exterior de la cámara 20ºC.
- Temperatura interior de la cámara -20ºC.
- Espesores de paredes y techos 180 mm (0,18m).
- El suelo tiene un primer espesor de 150 mm de hormigón los restantes 155mm siguientes están formados por 100mm de espuma de poliuretano en placas y 150mm de suelo con bovedillas.
  Materiales:
- Espuma de poliuretano en placas K= 0,023 W/mºC
- Hormigón K= 0,34 W/m Cº
- Bovedillas K=0,8 W/m ºC

PÉRDIDAS POR PAREDES:
S= 216M2
U paredes= 1/ e/k= 0,023/ 0,18= 0,127 W/m2Cº
Q= U S (Text-Tint)= 216x 0,127x40= 1.103 W.

PÉRDIDAS POR TECHOS:
S= 80M2



U techo=1/ e/k= 0,023/ 0,18= 0,127 W/m2Cº
Q= U S (Text-Tint)= 80 x 0,127x50= 508 W (recordar sumamos 10ºC).

PÉRDIDAS EN EL SUELO:
S=80M2
U= 1/ (e1/k hormigón + e2/k poliuretano + e3/ k bovedillas)
U= 1/(0,15/0,34+ 0,1/0,023+ 0,15/0,8)= 1/ (0,44+4,34+0,18)= 0,20 W/m2 ºC
Q=S U (Text-Tint-15)= 80 x 0,20 x 25= 400W.

Pensemos que el precio del vatio eléctrico en congelado es muy similar al frigorífico.

Es importante hacer notar que las perdidas por aislamiento son independientes del producto, de la potencia instalada y del tiempo de funcionamiento. Son producidas las perdidas siempre que existan diferencias de temperatura entre dos recintos.

Invertir en aislamiento es rentable desde el punto de vista de la economía de la instalación, pensemos que la vida útil de un panel frigorífico esta cerca de los 20 años de uso.

Si tenemos pérdidas elevadas por aislamiento el consumo eléctrico sería muy elevado para el cliente final, desde el punto de vista técnico este aspecto hay que cuidarlo ya que las instalaciones deben de realizarse de manera óptima.

A la relación existente entre la potencia eléctrica consumida por los sistemas de generación de frio y la potencia frigorífica entregada le denominaremos C.O.P. Es un dato muy importante, ya que por ejemplo si tenemos un C.O.P de valor 2 en una instalación, esto significa que por cada 2 kw de potencia frigorífica entregada a los grupos frigoríficos nos han consumido 1 kw. Más adelante desarrollaremos este concepto y su definición.

3.7. Materiales aislantes más utilizados

En la siguiente tabla se dan los datos de los materiales aislantes mas utilizados en refrigeración:



Material	Presentación	Aplicación	U =λ (w/mºC)
Corcho	Placas	Suelos	0.039
Corcho expandido	Proyectado	Suelos	0,036
Poliestireno expandido	Proyectado	Paredes y techos	0,03
Espuma de poliuretano	Placas de 1,2x 0,60 m Espesores 60, 120, 140mm	Paredes, suelos y techos	0,023
Fibra de vidrio	Placas	Paredes	0,035
Espuma rígida poliestireno	Placas de 1,25x 0,60 m Espesores 30, 40, 50mm	Paredes	0,033

El panel de poliestireno expandido para cerramientos, es el material de mayor popularidad debido a su presentación y a sus buenas propiedades aislantes.

3.8. Humedad

En refrigeración es muy importante que la humedad sea la adecuada para la conservación de los productos, pero la humedad es muy perjudicial para el funcionamiento de la instalación, ya que puede formarse hielo en las unidades interiores y esto puede dar lugar a mal funcionamiento o incluso a rotura de elementos de la instalación.

Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

a. Relativa.

La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.

La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental y se expresa en porcentaje.

$$RH=(P/P^*)x100$$

Donde:



P es la presión parcial de vapor de agua en la mezcla de aire;
P* es la presión de saturación de vapor de agua a la temperatura en la mezcla de aire;
RH es la humedad relativa de la mezcla de aire que se está considerando;

b. Absoluta.
Se llama humedad absoluta a la cantidad de vapor de agua (generalmente medida en gramos) por unidad de volumen de aire ambiente (medido en metros cúbicos).

c. Punto de rocío.
El punto de rocío o temperatura de rocío es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire, produciendo rocío, neblina o, en caso de que la temperatura sea lo suficientemente baja, escarcha.

Para una masa dada de aire, que contiene una cantidad dada de vapor de agua (humedad absoluta), se dice que la humedad relativa es la proporción de vapor contenida en relación a la necesaria para llegar al punto de saturación, expresada en porcentaje. Cuando el aire se satura (humedad relativa igual al 100%) se llega al punto de rocío. La saturación se produce por un aumento de humedad relativa con la misma temperatura, o por un descenso de temperatura con la misma humedad relativa.



4. Sistemas y equipos utilizados en los sistemas de frío industrial

4.1. Sistemas frigoríficos

4.1.1. Parámetros de diseño

El concepto de carga térmica se trata de la cantidad de energía térmica, en la unidad de tiempo (potencia térmica) que un recinto cerrado, intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones higrotérmicas del interior y del exterior.

El diseño de estos sistemas frigoríficos se define, principalmente, en función de los siguientes parámetros:

- Temperaturas de operación: (Temperaturas de evaporación y condensación)
- Capacidad del sistema, generalmente denominada en KW definida en función de la carga térmica.
- Refrigerantes amigables ambientalmente y de amplio efecto refrigerante.
- Costos operativos del sistema.

Los denominados sistemas frigoríficos o sistemas de refrigeración corresponden a arreglos mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más focos, conforme se requiera. Están diseñados para disminuir la temperatura del producto almacenado en cámaras frigoríficas o cámaras de refrigeración las cuales pueden contener una variedad de alimentos o compuestos químicos, conforme especificaciones.

Cabe mencionar la radical diferencia entre un sistema frigorífico y un circuito de refrigeración, siendo este último un mero arreglo para disminuir temperatura el cual se define como "concepto", ya que su diseño (abierto, semi abierto, cerrado), fluido (aire, agua, incluso gas refrigerante), flujo (sólo frío o "bomba de calor") varían conforme la aplicación. Estos varían desde el clásico enfriamiento de motores de combustión interna por medio de agua hasta el water cooling utilizado en enfriamiento de computadores. Los sistemas frigoríficos tienden a ser bastante más complejos que un circuito de refrigeración y es por eso que se presentan aparte.

En el estudio acabado y diseño de estos sistemas frigoríficos se aplican diversas ciencias, tales como la química, en las propiedades y composición de los refrigerantes;



la termodinámica, en el estudio de las propiedades de la materia y su energía interna; la transferencia de calor, en el estudio de intercambiadores de calor y soluciones técnicas; así como la ingeniería mecánica, en el estudio de compresores de gas para lograr el trabajo de compresión requerido.

Se han mencionado estas disciplinas dejando de lado la electricidad, desde los tradicionales conocimientos en corrientes trifásicas para la alimentación de los equipos, hasta conocimientos relativamente avanzados en automatización y PLC, para el control automático que estos requieren cuando están operando en planta frigorífica.

Los sistemas frigoríficos se diferencian entre sí conforme su método de inyección de refrigerante y configuración constructiva, ambos condicionados por sus parámetros de diseño. De esta manera, y haciendo un adecuado balance de masas y energías, es posible encontrar la solución adecuada a cualquier solicitación frigorífica.

4.1.2. Sistemas de refrigeración conforme zonas de frío

Los sistemas de refrigeración pueden catalogarse conforme las denominadas "zonas de frío" o temperaturas de frío para las cuales estos estén diseñados.

a. Una zona de frío.

El sistema opera bajo una sola temperatura de régimen de frío, es decir, entre una temperatura de condensación y una sola temperatura de evaporación del refrigerante.

b. Dos o más zonas de frío.

Es aquel sistema donde el refrigerante (condensado a una sola temperatura) se evapora a distintos valores en función de distintos procesos. A modo de ejemplo, imaginemos para una planta frigorífica, una cámara de congelado y una cámara de productos frescos requieren distintas temperaturas de régimen y, por lo tanto, distintas temperaturas de evaporación del refrigerante.

4.1.3. Sistemas de refrigeración conforme alimentación de refrigerante

a. Expansión seca.

Se les denomina sistemas de expansión seca,(o directa) a los sistemas frigoríficos en los cuales la evaporación del refrigerante se lleva a cabo a través de su recorrido por el evaporador, encontrándose este en estado de mezcla en un punto intermedio de este. Estos sistemas, si bien son los más comunes, suelen ser de menor capacidad que los de recirculación de líquido.

La expansión seca (expansión directa) es el método mediante el cual el flujo másico



de refrigerante suministrado al evaporador está limitado a la cantidad que pueda ser completamente vaporizado en su recorrido hasta el extremo final del evaporador, de tal manera que sólo llegue vapor a la línea de succión del compresor.

Estos evaporadores son los más comunes en sistemas frigoríficos y son ampliamente utilizados en sistemas de aire acondicionado, refrigeración de media y baja temperatura, mas no son aconsejables en instalaciones de gran volumen para esta última.

b. Con recirculación de líquido.
Lo que diferencia a los sistemas de recirculación de líquido a los de expansión directa es que el flujo másico de líquido a los evaporadores supera con creces al flujo de vapor producido en el evaporador. Es común el apelativo de "sobrealimentación de líquido" para los evaporadores de estos sistemas. Estos sistemas son preferentemente utilizados en aplicaciones industriales, con un número considerable de evaporadores y operando a baja temperatura.

4.1.4. Tipos y configuración de sistemas de refrigeración

Antes de entrar en los tipos de configuraciones de sistemas de refrigeración vamos a definir la relación de compresión.

Definición: La relación de compresión corresponde la razón geométrica resultante entre la Presión absoluta de descarga (Pd) y la Presión absoluta de succión (Ps) en el trabajo de compresión realizado por un compresor en un sistema frigorífico.

Donde

Rc= Pd/Ps

Rc= Relación de compresión
Pd= Presión de descarga
Ps= Presión de succión

Se deduce, entonces, que la relación de compresión se aumenta, ya sea aumentando la presión de condensación o bien disminuyendo la presión de evaporación o ambas cosas.

Al aumentar la relación de compresión disminuye la eficiencia volumétrica, por lo tanto, disminuye el rendimiento del compresor.



En alguna literatura se suele sustituir la presión de descarga por la presión de condensación del refrigerante, así como la presión de succión por la presión de evaporación del mismo, lo que en estricto rigor no procede.

4.1.4.1. Refrigeración por compresión

La refrigeración por compresión desplaza la energía térmica entre dos focos; creando zonas de alta y baja presión confinadas en intercambiadores de calor, mientras estos procesos de intercambio de energía se suceden cuando el fluido refrigerante se encuentra en procesos de cambio de estado; de líquido a vapor, y viceversa.

El proceso de refrigeración por compresión se logra evaporando un gas refrigerante en estado líquido a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor, denominado evaporador.1 Para evaporarse este requiere absorber calor latente de vaporización. Al evaporarse el líquido refrigerante cambia su estado a vapor.

Durante el cambio de estado el refrigerante en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador, bien sea este medio gaseoso o líquido. A esta cantidad de calor contenido en el ambiente se le denomina carga térmica. Luego de este intercambio energético, un compresor mecánico se encarga de aumentar la presión del vapor para poder condensarlo dentro de otro intercambiador de calor conocido como condensador.

En este intercambiador se liberan del sistema frigorífico tanto el calor latente como el sensible, ambos componentes de la carga térmica. Ya que este aumento de presión además produce un aumento en su temperatura, para lograr el cambio de estado del fluido refrigerante -y producir el subenfriamiento del mismo- es necesario enfriarlo al interior del condensador; esto suele hacerse por medio de aire y/o agua conforme el tipo de condensador, definido muchas veces en función del refrigerante. De esta manera, el refrigerante ya en estado líquido, puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión.

4.1.4.1.1. Tipos de compresión

Por su parte, los sistemas de refrigeración por compresión se diferencian o separan en dos grandes tipos:

- Sistemas de compresión simple

Eleva la presión del sistema mediante una sola carrera de compresión. Es el más común de los sistemas de refrigeración ampliamente utilizados en refrigeradores y equipos de aire acondicionado.



• Sistemas de compresión múltiple

Solución de compresión ideal para bajas temperaturas debido a las altas relaciones de compresión que estos sistemas superan.

4.1.4.1.2. Configuración de sistemas de compresión

a. Sistemas de expansión directa

De compresión simple:

Sistema de una etapa. El sistema de compresión de una etapa es aquél en el cual la compresión mecánica de gas refrigerante se realiza directamente desde la presión a la salida del evaporador hasta la presión de condensación del refrigerante.1Para dicho cometido se utiliza un también llamado compresor de una etapa.

Es el sistema de refrigeración más ampliamente utilizado debido a su simplicidad y versatilidad. Su particularidad, no obstante, consiste en que por lo general para lograr bajas temperaturas capaces de absorber grandes cargas térmicas, debe alcanzar elevadas relaciones de compresión. Se puede aplicar en refrigeradores domésticos, vitrinas frigoríficas comerciales, equipos de aire acondicionado de todo tipo, y sistemas que no absorban grandes cargas frigoríficas.

Limitaciones:

Existen algunos parámetros fundamentales que, al ser excedidos en diseño, obligan a buscar solución en otro tipo de sistema frigorífico. Se mencionan dos de ellos:

→ Relación de compresión: Por lo general, los sistemas de una etapa operan bajo valores de 6 a 7. No obstante lo anterior incide de gran manera el tipo de compresor y las relaciones de compresión que este soporte.

→ Temperatura de evaporación: Por lo general, los sistemas de una etapa y expansión directa –y en gran parte en virtud de la relación de compresión- no alcanzan temperaturas de evaporación inferiores a los -35°C (según el refrigerante) o no lo hacen con gran eficiencia energética.

De compresión múltiple:

Los sistemas frigoríficos de compresión múltiple se definen como solución mecánica ante la problemática que surge cuando las relaciones de compresión se acercan a valores de 7 o superiores. Son los recursos más utilizados en la tecnología frigorífica de baja temperatura es decir, temperaturas de evaporación bajo los -45ºC, por lo



general.

Sistema de doble etapa.
La doble etapa permite, mediante un compresor de doble etapa, alcanzar elevadas relaciones de compresión y, por lo tanto, menores temperaturas con capacidad de absorber mayor carga térmica. Sistema propio en cámaras de congelado de alta eficiencia energética.

Sistema en cascada.
La compresión múltiple en cascada permite, mediante dos circuitos de refrigeración de una etapa "semi independientes" y con distintos refrigerantes, alcanzar temperaturas cercanas a los -80ºC. Propio en equipos de laboratorio para almacenamiento de muestras biológicas.

Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo abierto.
Esta modalidad de compresión múltiple permite, mediante dos compresores y un estanque presurizado conectado entre ambos, realizar una expansión y enfriamiento del refrigerante en circulación antes de ingresar a la etapa de alta presión. Propio de sistemas industriales.

Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo cerrado.
A diferencia del sistema anterior, al cual también se le puede denominar “de inyección total”, aquí se produce una “inyección parcial” del refrigerante al interior del estanque a fin de producir un enfriamiento

b. Sistemas con recirculado de líquido
Sistema con estanque de recirculado:
La recirculación de líquido es un método utilizado con la finalidad de alimentar los evaporadores inundados instalados en una gran instalación frigorífica. Generalmente se utiliza amoniaco (R717) como refrigerante.

Sistema de compresión múltiple con estanque de recirculado:
Un sistema de recirculado de compresión múltiple permite bombear refrigerante líquido a menor presión y temperatura a los evaporadores inundados.

4.1.4.2. Refrigeración por absorción
El sistema de refrigeración por absorción es un medio de producir frío que aprovecha las propiedades de ciertas sustancias que absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso.



Así como en el sistema de compresión el ciclo se hace mediante un compresor, en el caso de la absorción, el ciclo se basa físicamente en la capacidad que tienen algunas sustancias, como el bromuro de litio, de absorber otra sustancia, tal como el agua, en fase de vapor. Otra posibilidad es emplear el agua como sustancia absorbente (disolvente) y como absorbida (soluto) amoniaco.

4.2. Equipos utilizados en los sistemas de frio industrial

4.2.1. Funcionamiento básico de un circuito frigorífico

La cámara frigorífica es un sistema que permite extraer el calor de un local o recinto cerrado y expulsarlo hacia el exterior de dicho recinto para conservar en él productos mediante la congelación. Los componentes principales que la conforman son el compresor, evaporador, válvula de expansión y condensador. A continuación se detalla su funcionamiento, así como otros aspectos importantes.

Por muchos es sabido que el frío, como categoría física, no existe, que lo que realmente se denomina frío no es más que la ausencia de calor. Por tanto, las cámaras frigoríficas, no pueden en modo alguno inyectar frío a los productos que conserva, sino que realmente lo que hace es extraer el calor de dichos productos y del local en sí. Ahora bien, cómo lo hace. Esto es lo que se explicará a continuación.

Componentes y funcionamiento de un circuito frigorífico:
Los cuatro elementos fundamentales de las cámaras frigoríficas son:

1. Compresor
2. Condensador
3. Válvula de expansión
4. Evaporador

Antes de explicar el proceso en sí, es válido aclarar qué se entiende por refrigerante. Un refrigerante es un compuesto químico que absorberá calor al pasar de su forma líquida a vapor y esta absorción provocará el enfriamiento.

Históricamente, se utilizaron los compuestos clorofluorocarbonado (CFC), pero posteriormente se descubrió que estos dañaban seriamente la capa de ozono. Por tanto fueron sustituidos por los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y el metilbromuro, ya que estos no dañan dicha capa.

No obstante estos últimos también traen perjuicios al medio ambiente (aunque en



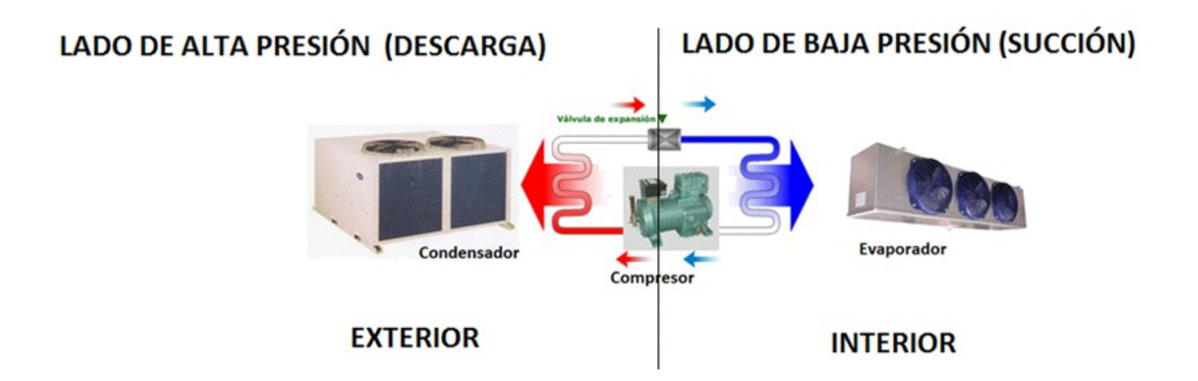
menor cuantía y más lentamente que los anteriores), pues contribuyen al efecto invernadero. Por tal motivo el metilcloroformo y otros compuestos menos dañinos han ido imponiéndose poco a poco.

Funcionamiento:

- Compresor: Inicialmente el refrigerante es absorbido mediante el compresor. Éste es comprimido entonces hasta que posea las condiciones necesarias para la entrada al condensador.
- Condensador: En el condensador este refrigerante transfiere el calor de condensación hacia un fluido externo y se transforma nuevamente al estado líquido.
- Válvula de expansión: El refrigerante (que ahora se encuentra en estado líquido saturado) penetra en la válvula de expansión. Una parte del calor latente se pierde, debido a la irreversibilidad del proceso, entrando el refrigerante como una mezcla de líquido y vapor al evaporador.
- Evaporador: Esta mezcla bifásica hierve a temperatura y presión constante en el evaporador. Entonces el fluido exterior absorbe ese calor latente del refrigerante enfriándose a su vez.

La breve explicación anterior contiene los componentes y funciones principales de una instalación frigorífica.

Aunque más adelante se explicaran cada uno de los componentes de una instalación con detenimiento, hemos considerado que llegados a este punto era necesario hacerse una idea general del proceso, observemos a continuación el gráfico:



4.2.2. Sistemas de compresión y tipos de compresores

Observando el esquema de un ciclo frigorífico vemos que el compresor tiene como misión comprimir al refrigerante, lo que recibe por una toma (llamada aspiración), en



estado gaseoso a baja presión y baja temperatura y lo expulsa a otra (llamada descarga) en estado gaseoso a alta presión y alta temperatura. [El compresor no hace nada más].

En el mercado existen muchos tipos de compresores, deberemos seleccionar el tipo que más nos convenga para nuestra instalación. La elección depende de las características técnicas (construcción, potencia, servicio), como veremos en las tablas de los fabricantes es donde se seleccionan.

- Compresor hermético:

Es un tipo de compresor donde todos sus componentes son integrados sin poder nosotros acceder a ellos.

Se utilizan en enfriadoras con cualquier potencia, en climatización con cualquier potencia y en refrigeración para pequeñas potencias. La problemática de este tipo de compresores es que si se averían, hay que cambiarlo no se pueden arreglar. En algunas situaciones es más rentable cambiarlo que su reparación.

- Compresor semi-hermético:

A diferencia del anterior se puede acceder a los componentes internos, y se puede reparar. Se utilizan en enfriadoras con cualquier potencia, en climatización con cualquier potencia y en refrigeración para pequeñas y medianas potencias, en refrigeración comercial es el más común.

- Compresores abiertos:

Es un tipo de compresor que podemos acceder a sus componentes internas, cuando se estropea puede arreglarse. Se utilizan en enfriadoras con cualquier potencia, en climatización con cualquier potencia y en refrigeración para medianas y altas potencias.

- Compresor de tornillo:

Es un compresor que puede ser hermético semi-hermético o abierto. Se utilizan en enfriadoras con cualquier potencia, en climatización con cualquier potencia y en refrigeración para altas potencias. Si se estropea puede repararse, en frio industrial es el mas usado con elevadas potencias.

- Compresores de doble etapa:

Puede ser semi- hermético o abierto, en frio industrial lo seleccionaremos para elevadas potencias y bajas temperaturas, donde los anteriores tipos no nos cumplen.
Requiere mayores accesorios de control pero el gasto energético es inferior a los



demás tipos.

4.2.2.1. Selección de compresores en tablas comerciales

A la hora de seleccionar un compresor es muy importante definir lo que realmente es necesario en función de los datos de partida, ya que una vez seleccionado la potencia de trabajo será la que condicione los demás elementos restantes de la instalación (tuberías, válvulas, evaporadores, condensadores, regulación etc..).

OJO!! Una mayor potencia en la instalación no asegura el buen funcionamiento de la misma.

1º) Conocer la potencia que necesitamos, en muchos programas de cálculo la potencia la calculan para 18 horas de funcionamiento.

Imaginemos que el programa de cálculo da una potencia de 10.000 W para 18 horas de funcionamiento como hemos comentado por defecto y mi instalación tiene 16 horas.

P= 10.000 x 18/16= 11.250 W para 16 horas de funcionamiento. (Aumenta)
Y si el tiempo de funcionamiento es de 20 horas.
P=10.000 x 18/20= 9000 W para 20 horas. (Disminuye)

2º) Conocer el régimen de trabajo.
El régimen de trabajo viene dado por la temperatura de evaporación y la temperatura de condensación.

Las tablas de selección de compresores que ofrecen diferentes fabricantes están dadas con unas condiciones de temperatura de gas e aspiración a 25º, hay que tener cuidado porque puede dar condiciones de funcionamiento erróneas.

Procederemos de la siguiente manera:
Conocer nuestro abanico de posibilidades para ver si podemos seleccionar alguno, si la potencia buscada está muy próxima a la buscada elegiremos el de mayor potencia para corregir desviaciones.

Para verlo con un ejemplo ir a la tabla comercial de la marca Copeland, a continuación vamos a definir lo que aparece en la tabla:

- Modelo : referencia del compresor por ejemplo DKM-5X
- Precio: es el valor del compresor sin descuento comercial.



- Desplazamiento: es el desplazamiento del compresor muy importante.
- Tª Condensación: para la selección tenemos 3 opciones: 30, 40 y 50 ºC
- Tª Evaporación: para la selección van desde +5ºC a -40ºC
- Refrigerante: es en este caso el R404A
- Potencia frigorífica: es la potencia que nos entrega el compresor en función de las temperaturas de condensación y evaporación.
- Los huecos que aparecen en una tabla son puntos donde el compresor no puede funcionar.
- Potencia del motor: es la potencia del motor eléctrico en CV. (importante para comparar).

Ejemplo:
Se trata de buscar un compresor semi- hermético que tenga una potencia de 5000W las temperaturas son Tªev= - 10ºC y Tªcond= +45ºC, el refrigerante R4040-A.
Vamos a la columna de Tªev y buscamos -10ºC, dentro de la misma columna nos posicionamos en potencia de 5000W, encontramos dos modelos:

1. DEL-20X (2CV) (9,86 m3/h): 4.575 W.
2. DLF-30X(3CV) (12,9m3/h): 6.500 W.

El modelo DKLS-20X está fuera de rango.

Nuestra necesidad es de P=5000 w

Sabemos que con un tiempo de funcionamiento de 16 a 20 horas tenemos un margen de +- 10%, por lo que buscamos una potencia entre 4.500-5.500 W.

El modelo DEL-20X (2CV), se quedaría muy ajustado, ya que perdiendo un 10% como mínimo tendríamos 4175 W no valido. (Seria valido si la temperatura de evaporación fuese de a -5ºC).

El modelo DLF-30X nos entrega una potencia de 6.500 W, perdiendo un 10% se quedaría en 5.800W por lo que si seria valido. (si la temperatura de evaporación fuese de -5º seria sobredimensionado).

Lo siguiente es ver la temperatura de condensación y mirar la columna a la que hace referencia en los modelos, observamos:

30º ----> 6.250W



40º ----> 5.150W
50º ---> 4.000 W

Extrapolando a +45ºC nos sale que la Potencia a Tºcond (+45ºC)= 4.575 W. para el modelo DKLS-20X.(2 CV)

Ejercicio:
Usando la misma tabla anterior de la marca Copeland calcular la Potencia a Tºcond (+45ºC) para el modelo DLF-30X (3VC).

Solución: Potencia a Tºcond (+45ºC)= 6.500 W. para el modelo DKLS-20X.

Reflexión: ¿cuál de los compresores podemos seleccionar?
Llegados a este punto podríamos seleccionar cualquiera de los dos uno se quedaría justo y el otro un poco largo.

Existen muchos programas de cálculo de compresores, la mayoría son gratuitos y suministrados por los fabricantes, casi todos funcionan de la misma manera, en una hoja de cálculo Excel, vamos introduciendo los datos que se piden, y el programa va realizando los cálculos, de manera general para cualquier programa los datos que se piden son:

- Tipo de refrigerante.
- Temperatura de referencia (temperatura media).
- Potencia frigorífica (pondremos la que buscamos).
- Tipo de compresor.
- Temperatura de evaporación. (recomendable modificarla para comprobaciones)
- Temperatura de condensación. (la temperatura de selección)

Una vez introducidos los datos el programa nos da el modelo de compresor del fabricante que selecciona para satisfacer la potencia y en las condiciones indicadas y su precio.

A veces salen mensajes y el programa te avisa que el compresor esta fuera de limites esto significa que el compresor no trabaja para ciertas condiciones de Temperatura de evaporación. (Los huecos de las tablas).



4.2.3. Sistemas de condensación y tipos de condensadores

En un ciclo frigorífico como sabemos la misión del condensador es condensar el refrigerante, lo recibe por una toma (la entrada) en estado gaseoso a elevada temperatura y lo expulsa por otra (llamada salida). En estado liquido a alta presión y alta temperatura. [El condensador no hace nada más].

En el mercado disponemos de una gama muy amplia de condensadores, generalmente la condensación se realiza con aire, pero conocer la tipología y saber seleccionar el adecuado en función de nuestras necesidades de instalación será nuestro objetivo.

- Condensadores de aire AXIALES.

Es un sistema de condensación donde el fluido que se usa para la extracción del calor es el aire exterior a la temperatura ambiente, recirculando ese aire provocamos la bajada de calor del refrigerante y de esa manera conseguimos el cambio de fase de gas a liquido. Suelen utilizarse en todas las instalaciones de refrigeración.

- Condensadores de aire- centrífugo.

Es un sistema de condensación en el cual el fluido utilizado para la extracción de calor es el aire exterior a temperatura ambiente, haciendo recircular este aire provocando la bajada de calor del refrigerante y de este modo conseguimos el cambio de fase de gas a líquido. Los ventiladores centrífugos son los encargados de realizar la circulación de aire.

- Condensadores de agua.

Es una sistema de condensación donde el fluido utilizado para la extracción de calor es el agua. Recirculando el agua provocamos la bajada de temperatura del refrigerante y su cambio de fase de gas a líquido. Esta casi en desuso este sistema por el enorme gasto de agua y por los problemas y normativas sanitarias.

- Torres de enfriamiento de agua.

Una torre de enfriamiento de agua es un elemento que enfría agua y ésta agua la recirculamos con bombas a condensadores de agua que se encuentren en la instalación. Para el enfriamiento de agua se usa el aire exterior, este aire se recircula por el interior de la torre, atraviesa un relleno por donde cae el agua en forma de ducha, debido a la humedad relativa del aire la temperatura interior de la torre baja y se expulsa por la parte superior. Por problemas sanitarios el agua es necesaria tratarla contra la legionela, instalaciones nuevas están a extinguir y las existentes están cambiándose para mejorar las medidas sanitarias.

– Condensadores evaporativos.

Un condensador evaporativo es un circuito cerrado no como el caso anterior que es un circuito abierto, el funcionamiento es muy similar a una torre de enfriamiento pero en este caso lo que rociamos siempre dentro del depósito es la misma agua que se evapora enfriado un entablado de tuberías que es por donde pasa el refrigerante. Posee dos circuitos uno para el refrigerante y otro para el agua recirculada. Por problemas sanitarios el agua es necesaria tratarla contra la legionela, instalaciones nuevas están a extinguir y las existentes están cambiándose para mejorar las medidas sanitarias.

La condensación básicamente consiste en, transformar el refrigerante que sale del compresor en forma gaseosa a muy alta presión y temperatura, en refrigerante liquido a una presión adecuada para el buen funcionamiento de la instalación. Para ello enfriamos el refrigerante haciéndolo pasar por una batería de tubos por la cual circula aire forzado con ventiladores (condensador).

El aire que hacemos circular por la batería por medio de los ventiladores, es aire de la calle el cual esta a temperatura variable que no podemos predecir, pero si que nos podemos hacer una pregunta ¿ será lo mismo enfriar el refrigerante con aire a 5ºC que con aire a 35ºC? "NO" el consumo de los ventiladores será el mismo? "SI"¿ Puedo beneficiarme de este cambio de temperatura en mi instalación? "SI" ¿ Como? por medio de la condensación flotante.

Como su nombre indica, esta condensación consiste en dejarla fluctuar libremente, en función de la temperatura ambiente.

La potencia frigorífica de un compresor, y por ende, de un circuito frigorífico, depende, básicamente de dos temperaturas: la de evaporación y la de condensación. Cuando la temperatura de condensación baja, la potencia frigorífica aumenta. Cuando la temperatura de evaporación sube, también lo hace la potencia frigorífica.

Por regla general, en las instalaciones frigoríficas se tiene regulada la condensación alrededor de 40/45ºC porque, con válvulas de expansión convencionales si bajamos la condensación también baja la evaporación.

Si conseguimos bajar la temperatura de condensación manteniendo la de evaporación, obtendremos una mejora sustancial en el rendimiento del equipo. Ahora bien, siempre que se haya diseñado correctamente evaporador y compresor, es decir, siempre que tengan tamaño adecuado para disipar el calor en el condensador y el frío en el

evaporador.

4.2.3.1. Selección de condensadores en tablas comerciales

Para la selección de condensadores debemos de conocer bien los datos de partida de los que disponemos, el tipo de condensación, en el caso de condensación por aire hay qpensar donde situarlos porque suelen generar contaminación acústica.

A la hora de la selección siempre conviene seleccionar de entre los validos el de mayor potencia ya que estoy garantizando el funcionamiento y la instalación no se encarece demasiado.

1º) Tenemos que conocer la potencia que necesitamos.
La potencia que tenemos que disipar en el condensador es la suma de la potencia frigorífica que necesitamos más la potencia de compresión.
P condensador = P frigorífica+ CVx0,9
La manera de proceder siempre es muy similar en las tablas de selección de los fabricantes.

Las tablas de los fabricantes consideran que la temperatura ambiente esta 15 ºC por debajo de la del refrigerante, esto quiere decir que la temperatura ambiente es como máximo 30 ºC. (Situación que puede ser falsa en determinados meses del año y dependiendo de la zona geográfica). N un DT9 más real.

2º) convertir nuestra potencia a las condiciones de búsqueda en tablas DT15 (diferencias de Tª entre salida y entrada de 15ºC) con un DT 9, situación que se ajusta más a la realidad (Tª ambiente de 36ºC).

PDT9-15= P frig x 15/9

Para verlo con un ejemplo ir a la tabla comercial de la marca Kobol, a continuación vamos a definir lo que aparece en la tabla:

- Modelo : referencia del compresor por ejemplo DKM-5X
- Precio: es el valor del compresor sin descuento comercial.
- Potencia DT15 : Potencia con un diferencial térmico de 15ºC.
- Superficie en m2: es la superficie de intercambio, es muy importante para comparar con otras marcas.
- Número N: nº de ventiladores del condensador.
- Refrigerante: el tipo de refrigerante Ej: R-404 A
- Caudal m3/h: caudal de aire disipado total en todos los ventiladores.



- Nivel sonoro: nivel sonoro a 10 metros en dB.
- Ventilador: diámetro y revoluciones/ minuto.
- Polos: nº de polos del motor.

Volumen: volumen interno del conjunto de tuberías. Dato muy válido para comparar.

Ejemplo:
Se trata de buscar un condensador de aire tipo helicoidal CHN-CHS de la marca kobol cuya Potencia de 25 Kw con DT9. Refrigerante R404 A.

Primero vamos a ver que potencia tenemos con un DT15
Potencia DT15 para buscar = 25 x 15/9= 41,6 kw

Ahora vamos a la columna de capacidad DT15 dentro de la columna buscamos 41.5kw y vemos que encontramos tres modelos disponibles

1. CHN-301 L
2. CHN-208 L
3. CHN- 302 L

Cualquiera de los tres modelos serian válidos pero es muy importante algunos aspectos a tener en cuenta:

1. Siempre es aconsejable elegir modelos que tengan más de un único ventilador.
2. Hay que mirar los valores de consumo y de ruido, como norma siempre que se pueda se tiende al qmenor consumo tenga cumpliendo las especificaciones.
3. Si no tenemos problemas de ruido elegimos el que menor ruido tenga y si mi instalación debe ser silenciosa lo anterior no me sirve.
4. En la práctica colocando variadores de velocidad por frecuencia disminuye el ruido y el consumo.

4.2.4. Sistemas de evaporación y tipos de evaporadores

En los sistemas frigoríficos el evaporador opera como intercambiador de calor, por cuyo interior fluye el refrigerante el cual cambia su estado de líquido a vapor. Este cambio de estado permite absorber el calor sensible contenido alrededor del evaporador y de esta manera el gas, al abandonar el evaporador lo hace con una energía interna notablemente superior debido al aumento de su entalpía, cumpliéndose así el fenómeno de refrigeración.

El flujo de refrigerante en estado líquido es controlado por un dispositivo o válvula de



expansión la cual genera una abrupta caída de presión en la entrada del evaporador. En los sistemas de expansión directa, esta válvula despide una fina mezcla de líquido y vapor a baja presión y temperatura. Debido a las propiedades termodinámicas de los gases refrigerantes, este descenso de presión está asociado a un cambio de estado y, lo que es más importante aún, al descenso en la temperatura del mismo.

De esta manera, el evaporador absorbe el calor sensible del medio a refrigerar transformándolo en calor latente el cual queda incorporado al refrigerante en estado de vapor. Este calor latente será disipado en otro intercambiador de calor del sistema de refrigeración por compresión conocido como condensador dentro del cual se genera el cambio de estado inverso, es decir, de vapor a líquido.

En resumen, los sistemas de evaporación evaporan el refrigerante en su interior, el evaporador recibe el refrigerante por una toma después del restrictor (entrada) en estado líquido- gaseoso a baja presión y baja temperatura, dentro del mismo toda la parte líquida se gasifica en estado gaseoso recalentado.

En el mercado se han desarrollado muchos tipos de evaporadores en refrigeración industrial se suele hacer la evaporación con aire, en el caso de enfriamientos de líquidos se emplean intercambiadores, evaporadores de placas o multitubulares.

a) Evaporadores de aire

- Tipo mural: Suele ser válido para cámaras de conservación o congelado de pequeñas dimensiones. El aire lo lanza por su parte inferior y lo recoge por su parte superior. Dependiendo de sus características se instala en túneles de congelación o enfriamiento rápido.
- Tipo cuña techo: Suele ser válido para cámaras de conservación de pequeñas dimensiones.
- Tipo cubico: es válido para todas las utilidades.
- Tipo cubico centrífugo: es válido para todas las utilidades.
- Tipo plafón techo: muy usados en cámaras con productos delicados como el pescado, carne y flores.
- Tipo estático: en cámaras con productos delicados como el pescado, carne y flores.

b) Intercambiador de fluidos

Es un evaporador usado para enfriar fluidos. Suelen ser los fabricantes los que te ayuden a seleccionarlos ya que son muchos factores a considerar.

El DT es un factor muy importante para seleccionar los condensadores



separadamente de otras variables que también deben de tomarse en cuenta.

En selección de condensadores DT es la diferencia entre la temperatura de evaporación (compresor) y temperatura real de sala (conservación de producto).
DT= Tª conservación- Tª evaporación.

La separación de aleta es otro dato importante que entra en juego en la selección de condensadores, esta no es mas que la distancia que separa dos aletas consecutivas.

Por ejemplo si queremos conservar pescado a 0Cº, dentro de un recinto ese aire lo tendremos que pasar por condensador a menor temperatura para que nos absorba el calor sobrante de esta y así poder mantener la temperatura a 0ºC contante.

El intercambio de calor se da con la formula Q= K S (T cámara – T evaporación), donde:

K es el coeficiente de transmisión global.(viene dada por el material)
S= superficie de intercambio (suma de la superficie de intercambio interior)
DT= diferencial de temperaturas.

Sobre los datos anteriores si modificamos la temperatura de evaporación por ejemplo la bajamos, la potencia que nos proporciona el evaporador aumenta. Por lo que para un mismo evaporador la potencia que nos entrega se puede modificar cambiando DT, luego esto va a ser muy importante a la hora de seleccionar evaporadores. El DT es muy importante porque si aumenta afecta disminuyendo la humedad relativa de la cámara. Luego siempre será conveniente elegir evaporadores con un DT lo más bajo posible.(dentro de mis condiciones favorables de trabajo).

Valores recomendables de DT y separación de alteas:

- DT → Salas: 12ºC Refrigerado: 7-8ºC Congelado: 6ºC
- Separación de aletas → Salas: 2-3-mm Refrigerado: 4-6-mm Congelado: 7-12 mm

4.2.4.1. Selección de evaporadores

1º) Conocer la potencia que necesitamos y conocer nuestro DT.

La potencia que tenemos que absorber en el evaporador será la entregada por el compresor en las condiciones mejores. Presión de evaporación elevada, presión de condensación baja.



En la selección por tablas comerciales el procedimiento es siempre el mismo, los datos que nos ofrecen los fabricantes están dados para unas condiciones de funcionamiento que no son las reales, por ello hay que convertir nuestra potencia a las condiciones de búsqueda en tablas DT a un DT que sea real a mi situación de funcionamiento.

Si los datos de la tabla están dados en un DT8 y lo queremos en un DT7, lo que haremos es buscar la potencia superior según:

PDT7= Pfrig x 8/7

4.2.4.2. Selección de evaporadores en tablas comerciales

En las tablas comerciales los fabricantes nos ofrecen los siguientes datos:

- Modelo
- Precio
- Capacidad con un DT, es la potencia del evaporador según sea el servicio refrigerado, salas, congelado, o túneles. La capacidad la ofrecen para diversos tamaños de separación de aletas.
- Superficie de intercambio en m2.
- Proyección es la longitud que el aire es lanzado por el ventilador del evaporador.
- Tipo de refrigerante
- Caudal m3/h es el caudal de aire total de todos los ventiladores.
- Volumen interno del conjunto de tuberías.

Ejemplo:
Necesitamos seleccionar un evaporador de aire para una cámara de refrigerado a una temperatura de 0ºC con una potencia de 75kw y un DT7.

Vamos al catálogo comercial y a la serie GRM industrial de Frimetal, catálogo comercial del grupo Disco página 4.37.

Vemos los datos para Tª= 0ºC, y vemos el DT para el cual vienen dados.

Observamos que existen diferentes modelos en función de su separador de aletas.

Como es lógico lo primero será pasar nuestros 75kw DT7 a DT8 , para ello:
P DT8= P DT7 x 8/7 = 85,7 kw.

Ahora vamos al dato de capacidad nominal con Tº=0ºC y DT8, y veo los valores de



potencia que sean superiores a 85.700 w, para modelos de separador de aletas 4,2mm , de 6mm y de 9mm.

En principio vemos que los modelos que cumplen con con Tº=0ºC y DT8 son:

1. GRM4900 → 89.630 w
2. GRB 5200 → 96.600 w
3. GRL 5000 → 86.100 w

Como nuestra cámara es para refrigeración, descartamos la separación de aletas e= 4,2 mm luego ya no es válido el modelo GRM4900.

Vemos que el tercer modelo tiene una e= 9mm, pero solamente tiene un único ventilador por lo que se descarta.

En nuestro ejemplo nos quedaríamos con el modelo GRB 5200.



5. Resumen

En esta unidad didáctica se han expuesto resumidamente los fundamentos teóricos de las bases del frío, conceptos y definiciones así como se han visto los sistemas y equipos utilizados en una instalación de frío industrial, y más adelante se han realizado una serie de ejercicios para seleccionar equipos usando catálogos comerciales.



6. Ampliar

A continuación se exponen páginas web de fabricantes y páginas de interés para el sector del frio industrial.

1. Comfriber: http://www.comfriber.com
2. Pecomark: http://www.pecomark.com
3. Danfoss: http://www.danfoss.es
4. Emerson Climate Technologies: http://www.emersonclimate.com
5. Evaporadores y condensadores: http://www.frimetal.es
6. Copeland: http://www.copeland.com
7. Salvador Escoda: http://www.salvadorescoda.com
8. Carrier España: www.carrier.es
9. Ako: http://www.ako.es (regulación y control)
10. Praxair: http://www.praxair.es
11. Kimikal: http://www.kimikal.es
12. Extinfrisa: http://www.extinfrisa.es
13. Legionela: http://www.legionela.info/

Recomendamos visitar las páginas anteriores para conocer materiales, usos de equipos, dimensiones, especificaciones técnicas, etc.



7. Bibliografía

1. Catalá Gregory C. (2009) *Guía básica del frigorista* en la Web: http://www.catain.es
2. Curso de Refrigeración Industrial de Cesar Vidaurre, (e-book)
3. Dossat, Roy J. (2001). *Principios de Refrigeración*. Ed. CECSA.
4. Rapin/Jacquard (1998). *Instalaciones Frigoríficas (Tomo I Física Aplicada)*. Ed. MARCOMBO.



8. Glosario

Aislamiento (eléctrico)

Sustancia que casi no tiene electrones libres; lo anterior hace que sea pobre en la conducción de la corriente eléctrica.

Aislamiento (térmico)

Material que es pobre conductor de calor; por lo que, se usa para retardar o disminuir el flujo de calor. Algunos materiales aislantes son corcho, fibra de vidrio, plásticos espumados (poliuretano y poliestireno), etc.

Calor

Forma de energía que actúa sobre las sustancias para elevar su temperatura; energía asociada con el movimiento al azar de las moléculas.

Calor de compresión

Efecto de calefacción que se lleva a cabo cuando se comprime un gas. Energía mecánica de la presión, convertida a energía calorífica.

Calor de fusión

Calor requerido por una sustancia, para cambiar del estado sólido al estado líquido, a una temperatura constante. Por ejemplo: hielo a agua a 0 ºC. El calor de fusión del hielo es 335 kJ/kg.

Calor de respiración

Proceso mediante el cual, el oxígeno y los carbohidratos son asimilados por una sustancia; también cuando el bióxido de carbono y agua son cedidos por una sustancia.

Calor específico

Relación de la cantidad de calor requerido, para aumentar o disminuir la temperatura de una sustancia en 1 ºC, comparado con la que se requiere para aumentar o disminuir la temperatura de una masa igual de agua en 1 ºC. Se expresa como una fracción decimal.

Calor latente

Cantidad de energía calorífica requerida para efectuar un cambio de estado (fusión, evaporación, solidificación) de una sustancia, sin cambio en la temperatura o presión.



Calor latente de condensación

Cantidad de calor liberada por un kg de una sustancia para cambiar su estado de vapor a líquido.

Calor latente de evaporación

Cantidad de calor requerido por un kg de sustancia, para cambiar su estado de líquido a vapor.

Calor sensible

Calor que causa un cambio de temperatura en una sustancia, sin que cambie de estado.

Cámara de refrigeración

Espacio refrigerado comercial, que se mantiene a temperaturas por debajo de la ambiental.

Compresor

Máquina en sistemas de refrigeración, hecha para succionar vapor del lado de baja presión en el ciclo de refrigeración, y comprimirlo y descargarlo hacia el lado de alta presión del ciclo.

Condensador

Componente del mecanismo de refrigeración, el cual recibe del compresor vapor caliente a alta presión, enfriándolo y regresándolo luego a su estado líquido. El enfriamiento puede ser con aire o con agua.

Evaporador

Componente del mecanismo de un sistema de refrigeración, en el cual, el refrigerante se evapora y absorbe calor.

Humedad

Vapor de agua presente en el aire atmosférico.

Humedad absoluta

Cantidad de humedad (vapor de agua) en el aire, indicada en g/m^3 de aire seco (granos/pie cúbico).

Humedad relativa (hr)

La cantidad de humedad en una muestra de aire, en comparación con la cantidad de humedad que el aire tendría, estando totalmente saturado y a



la misma temperatura.

Lado de alta

Partes de un sistema de refrigeración, que se encuentran bajo la presión de condensación o alta presión.

Lado de baja

Partes de un sistema de refrigeración, que se encuentran por abajo de la presión de evaporación o baja presión.

Lado de succión

Lado de baja presión del sistema, que se extiende desde el control de refrigerante, pasando por el evaporador, la línea de succión, hasta la válvula de servicio de entrada al compresor.

Lámpara de haluro

Tipo de antorcha o soplete, para detectar fugas de refrigerantes halogenados, de manera segura en un sistema.

Presión de alta

Término empleado para referirse a la presión, a la cual se lleva a cabo la condensación, en un sistema de refrigeración.

Presión de baja

Presión del lado de baja del ciclo de refrigeración, a la cual se lleva a cabo la evaporación.

Presión de condensación

Presión dentro de un condensador, a la cual el vapor de refrigerante, cede su calor latente de evaporación y se vuelve líquido. Esta varía con la temperatura.

Presión de diseño

La más alta o más severa presión esperada, durante la operación. Algunas veces, se usa como la presión de operación calculada, más una tolerancia por seguridad.

Refrigeración por absorción

Proceso de crear bajas temperaturas, utilizando el efecto enfriador formado, cuando un refrigerante es absorbido por una sustancia química.



Refrigeración química

Sistema de enfriamiento, utilizando un refrigerante desechable.

Refrigerante

Sustancia utilizada en los mecanismos de refrigeración. Este absorbe calor en el evaporador, cambiando de estado de líquido.

Salmuera

Agua saturada con un compuesto químico que puede ser una sal.

Solenoide

Bobina enrollada alrededor de un material no magnético (papel o plástico). Comúnmente, lleva un núcleo de hierro móvil, el cual es atraído por el campo magnético al energizarse la bobina.

Temperaturas

Intensidad de calor o frío, tal como se mide con un termómetro. Medición de la velocidad del movimiento de las moléculas.

Termodinámica

Rama de las ciencias; trata con las relaciones entre el calor y la acción mecánica.

Termómetro

Instrumento para medir temperaturas.

Termostato

Dispositivo que detecta las condiciones de la temperatura ambiente, y a su vez, acciona para controlar un circuito.

Termostato electrónico

Termostato que utiliza componentes electrónicos, para realizar varias funciones como: sensor, interrumpir, temporizar, escalonar y exhibir.

Torre de enfriamiento

Dispositivo que enfría por evaporación del agua en el aire. El agua es enfriada hasta la temperatura de bulbo húmedo del aire.

Vacío



Presión menor que la atmosférica.

Válvula

Accesorio utilizado para controlar el paso de un fluido.

Válvula de seguridad

Válvula auto-operable de acción rápida, que se usa para un alivio rápido del exceso de presión.

Válvula de servicio

Dispositivo utilizado en cualquier parte del sistema donde se desea verificar presiones, cargar refrigerante o hacer vacío o dar servicio.

Válvula de servicio de descarga

Válvula de dos vías operada manualmente, ubicada en la entrada del compresor. Controla el flujo de gas de la descarga, se usa para dar servicio a la unidad.

Válvula de servicio de succión

Válvula de dos vías operada manualmente, ubicada en la entrada del compresor. Controla el flujo de gas de la succión, se usa para dar servicio a la unidad.

Válvula de succión

Válvula dentro del compresor de refrigeración, que permite el ingreso del vapor de refrigerante, proveniente de la línea de succión, al cilindro, evitando que se devuelva.

Válvula de termo expansión (termostática)

Válvula de control operada por la temperatura y presión dentro del evaporador. Controla el flujo de refrigerante hacia el evaporador. El bulbo sensor se instala a la salida del evaporador.

Válvula de tres vías

Válvula de control de flujo con tres puertos, para el flujo de fluidos.

Válvula reguladora de presión

Dispositivo instalado en la línea de succión, que mantiene una presión constante en el evaporador, durante una parte de trabajo del ciclo.



Válvula reversible

Válvula utilizada en bombas de calor para invertir el sentido del flujo, dependiendo si se desea refrigeración o calefacción.

Válvula sangradora

Válvula con una pequeña abertura interna, que le permite un flujo mínimo de fluido cuando la válvula está cerrada.

Válvula solenoide

Válvula diseñada para funcionar por acción magnética, a través de una bobina energizada eléctricamente. Esta bobina acciona un núcleo móvil, el cual abre o cierra la válvula.

Válvula termostática

Válvula controlada por elementos que responden a cambios de temperatura.

Vapor

Estado o fase de una sustancia que está en su temperatura de saturación, o muy cercano a ella.

Vapor saturado

Vapor que se encuentra a las mismas condiciones de temperatura y presión, que el líquido del cual se está evaporando. Es decir, si este vapor se enfría, se condensa.

Vaporización

Cambio del estado líquido al gaseoso.

Ventilación

Flujo de aire forzado, por diseño, entre un área y otra.

Ventilador del condensador

Dispositivo utilizado para mover aire a través del condensador enfriado por aire.

Ventilador del evaporador

Ventilador que incrementa el flujo de aire, sobre la superficie de intercambio de calor de los evaporadores.



Vibración crítica

Vibración que es notable y dañina a una estructura.

Viscosidad

Resistencia a fluir que tienen los líquidos.

Voltímetro

Instrumento para medir voltaje en un circuito eléctrico.

Volumen específico

Volumen por unidad de masa de una sustancia (m^3/kg).